

Licença



Este trabalho está licenciado sob uma licença [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Referência

REITENBACH, Amanda Felipe. **Cervejas lupuladas**: perfil sensorial, compostos aromáticos e inovações tecnológicas. Florianópolis: do Autor, 2025. DOI: <https://doi.org/10.29327/5551343>.



E-BOOK

**CERVEJAS LUPULADAS: PERFIL SENSORIAL,
COMPOSTOS AROMÁTICOS E INOVAÇÕES
TECNOLÓGICAS**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Even3 Publicações, PE, Brasil)

R379c Reitenbach, Amanda Felipe
Cervejas Lupuladas: Perfil Sensorial, Compostos
Aromáticos e Inovações Tecnológicas [Recurso Digital] /
Amanda Felipe Reitenbach...[et al.]. – Florianópolis: do Autor,
2025.

ISBN 978-65-272-1575-2
DOI 10.29327/5551343

1. Cervejas Lupuladas. 2. Lúpulo. 3. Roda sensorial.
I. Reitenbach, Amanda Felipe. II. Título.

CDD 663.3

Allini Paulini - CRB-4/2185



INTRODUÇÃO

As cervejas lupuladas formam um dos grupos mais expressivos e versáteis do mercado atual, especialmente no contexto das cervejas artesanais. Estilos como Pale Ale, IPA e suas variações (NEIPA, Brut IPA, Cold IPA) ganharam destaque mundial por explorarem intensamente os aromas e sabores proporcionados pelo lúpulo. Essa categoria se consolidou como símbolo de criatividade e identidade sensorial, sendo altamente valorizada por consumidores exigentes e por profissionais da área, como sommeliers e cervejeiros.

O lúpulo (*Humulus lupulus*) exerce diversas funções na produção cervejeira. Além de contribuir com o amargor característico da bebida por meio dos ácidos alfa, ele é a principal fonte de compostos aromáticos, como mirceno, linalol e geraniol, que resultam em notas cítricas, florais, herbais e frutadas. A aplicação de técnicas como dry hopping e whirlpool hopping permite intensificar esses compostos na cerveja final, ampliando sua expressividade sensorial (Klimczak & Cioch-Skoneczny, 2022).



Este e-book tem como objetivo ser uma ferramenta educativa e prática, destinada a quem deseja compreender de forma mais aprofundada os aromas, sabores e diversidade das cervejas lupuladas. Além disso, destaca-se o potencial dos biomas brasileiros – como Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia – na seleção de ingredientes nativos e na pesquisa de variedades de lúpulos adaptadas ao clima local, criando novas possibilidades de inovação sensorial e identidade regional no cenário cervejeiro.

HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DAS CERVEJAS LUPULADAS



ORIGENS DO USO DO LÚPULO NA CERVEJA

Embora o lúpulo seja hoje um ingrediente essencial na maioria das cervejas, ele nem sempre esteve presente na produção cervejeira. Registros históricos indicam que, até o século XI, a conservação e aromatização da cerveja eram feitas com uma mistura de ervas chamada gruit. O uso do lúpulo começou a se consolidar na Alemanha por volta do século XI e se expandiu significativamente nos séculos seguintes devido às suas propriedades antimicrobianas e à sua capacidade de conferir estabilidade à bebida (Klimczak & Cioch-Skoneczny, 2022).

A oficialização do lúpulo na produção cervejeira foi marcada pela Reinheitsgebot (Lei da Pureza Alemã) de 1516, que estabeleceu que a cerveja deveria conter apenas água, malte e lúpulo. Essa lei contribuiu para o reconhecimento do lúpulo como ingrediente essencial, especialmente nas escolas cervejeiras alemã e tcheca.





DESENVOLVIMENTO EM ESCOLAS TRADICIONAIS

Nas escolas alemãs e tchecas, o uso de lúpulos nobres como Saaz e Hallertau definiu o perfil das lagers clássicas, com aromas suaves, florais e herbais. Estudos mostram que novas variantes como Saaz Shine e Saaz Comfort mantêm o perfil tradicional, mas oferecem maior rendimento e resistência climática (Olšovská et al., 2024).

Na Inglaterra, a popularização da India Pale Ale no século XVIII, criada para suportar longas viagens às colônias britânicas, foi um marco na história das cervejas lupuladas. O estilo utilizava grandes quantidades de lúpulo como conservante natural, gerando cervejas mais amargas e aromáticas.

REVOLUÇÃO AMERICANA E O MOVIMENTO CRAFT

A grande virada aconteceu nos Estados Unidos, a partir dos anos 1980, com o renascimento da cerveja artesanal. Estilos como a American Pale Ale (APA) e a American IPA começaram a usar variedades locais como Cascade, Citra, Simcoe e Centennial lúpulos com perfis intensos de frutas tropicais, cítricos e resinosos (Lafontaine & Shellhammer, 2018). A lupulagem passou a ser mais do que um conservante: tornou-se elemento de identidade sensorial.

TENDÊNCIAS MODERNAS E ESTILOS EMERGENTES

Com a popularização da lupulagem tardia e do dry hopping, novas categorias surgiram:

West Coast IPA: Amarga, seca e com perfil cítrico e resinoso intenso.

New England IPA (NEIPA): Turva, suave, com amargor reduzido e aromas tropicais explosivos.

Brut IPA e Cold IPA: Estilos experimentais que buscam sabores mais secos ou limpos, com destaque aromático.

India Pale Lager e Black IPA: Fusões criativas entre técnicas de fermentação e perfis sensoriais.

Hoppy Lagers: Lagers feitas com maltes simples e adição tardia de lúpulos, normalmente com notas frutadas e tropicais.

Italian Pils: Pilsners com amargor elevado e adição de dry hopping utilizando lúpulos nobres.

Técnicas como biotransformação e modificação dos compostos do lúpulo pelas leveduras durante a fermentação tornaram-se foco de pesquisa para ampliar a variedade de aromas (Kumar et al., 2023), (McCabe et al., 2023).





CONCLUSÃO

A história das cervejas lupuladas é uma combinação de tradição e inovação. Desde os lúpulos nobres da Europa até os cultivares tropicais americanos e neozelandeses, a evolução dessa categoria demonstra o potencial criativo da cervejaria contemporânea. Dominar esse conhecimento é essencial para entender os estilos atuais e explorar suas possibilidades na prática cervejeira.



BANCO DE DADOS PARA A RODA SENSORIAL

A construção da roda sensorial apresentada neste e-book baseia-se em um banco de dados robusto, elaborado a partir de avaliações sensoriais realizadas durante o Brasil Beer Cup (BBC), uma das principais competições cervejeiras da América Latina. Durante o evento, foram analisados diversos estilos classificados como lupulados, seguindo as definições estabelecidas pelo Beer Judge Certification Program (BJCP).

Mais de 120 jurados de mais de 20 nacionalidades participaram das sessões de julgamento, contribuindo com percepções sensoriais diversas e representativas. Essa variedade de origens culturais e experiências ampliou significativamente a riqueza descritiva da base de dados, permitindo captar nuances aromáticas e gustativas que refletem diferentes interpretações do perfil sensorial das cervejas lupuladas.

A partir dessas análises, os descritores mais recorrentes foram identificados, agrupados em categorias sensoriais (como frutado, floral, herbal, resinoso, entre outros) e organizados de forma visual para compor a roda sensorial das cervejas lupuladas. Essa ferramenta oferece um vocabulário estruturado que pode auxiliar tanto em treinamentos quanto na comunicação técnica entre cervejeiros, sommeliers e apreciadores.

PRINCIPAIS ESTILOS DE CERVEJAS LUPULADAS

A diversidade de estilos lupulados reflete a evolução das preferências sensoriais dos consumidores e o desenvolvimento de novas técnicas e variedades de lúpulo. Nesta seção, categorizamos os estilos em três grupos: tradicionais, modernos e experimentais, destacando suas características técnicas e sensoriais.

ESTILOS TRADICIONAIS

PILSNER (BOHEMIAN E GERMAN-STYLE)



- 📍 Origem: República Tcheca e Alemanha.
- 🌿 Lúpulos: Saaz, Hallertau, Tettnang.
- 🍷 Perfil: Amargor leve a moderado, corpo seco, aromas florais, herbais e levemente picantes.

Exemplo de impacto do lúpulo Saaz:

notas florais e frescor com compostos como β -farneseno e linalol (Olšovská et al., 2024).





ENGLISH PALE ALE / ENGLISH IPA



- 📍 Origem: Inglaterra.
- 🌿 Lúpulos: Fuggle, East Kent Goldings.
- 🍷 Perfil: Amargor suave, malte caramelo, aromas terrosos, herbais e levemente frutados.

Destaque: uso equilibrado de malte e lúpulo nobre, com ênfase no “drinkability”.

BELGIAN IPA



- 📍 Origem: Bélgica com lupulagem moderna.
- 🌿 Lúpulos: Uso de adição tardia e dry hopping.
- 🍷 Perfil: Amargor moderado, com ésteres que realçam notas de chiclete e banana.

Destaque: Equilíbrio entre a fermentação belga, que gera ésteres marcantes, e a lupulagem intensa para aromas frutados.





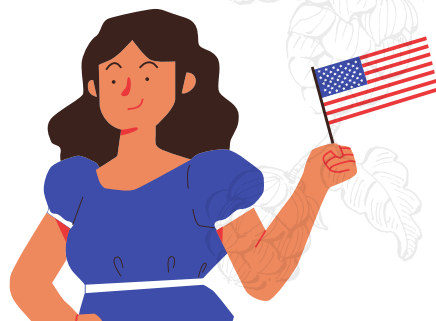
FONTE: WWW.REDDIT.COM

ESTILOS MODERNOS

AMERICAN PALE ALE (APA)

Lúpulos: Cascade, Centennial.

Perfil: Amargor médio, corpo leve, aromas cítricos e florais.





FONTE: WWW.SALTBEERFACTORY.CO.UK

WEST COAST IPA

Lúpulos: Simcoe, Chinook, Columbus.

Perfil: Alto amargor (IBU elevado), seco, aromas intensos de pinho, resina e toranja.

Observações: uso de técnicas como whirlpool hopping e dry hopping com alto impacto sensorial (Sharp et al., 2017).



FONTE: WWW.THESWAEN.COM/RECIPE-NEIPA/

NEW ENGLAND IPA (NEIPA)

Lúpulos: Citra, Mosaic, Galaxy.

Perfil: Corpo aveludado, turbidez proposital, amargor baixo, aromas de frutas tropicais (manga, maracujá, laranja).

Técnicas: dry hopping em fermentação ativa e uso de aveia/trigo para turbidez.

Biotransformações de compostos como geraniol e citronelol aumentam o aroma frutado (Kumar et al., 2023).



BRUT IPA

Característica: Corpo extremamente seco, carbonatação alta, amargor discreto, alta lupulagem aromática.

Técnica: Uso de enzimas para conversão completa dos açúcares fermentáveis.

COLD IPA

Técnica híbrida: fermentação com levedura lager em temperatura alta.

Perfil: seco, limpo, altamente aromático, com destaque para lúpulos americanos.

FONTE: WWW.BROKENCITYBREWING.CH



INDIA PALE LAGER (IPL)

Perfil: Combina fermentação limpa de uma lager com lupulagem intensa de uma IPA.

Técnica: Dry hopping com levedura lager em fermentação a frio.



fonte: <https://brewnation.fr/india-pale-lager/>

ESTILOS EXPERIMENTAIS

BLACK IPA

Perfil: Cor escura com notas tostadas sutis, combinadas a aromas cítricos e resinosos.

Desafio: Equilibrar malte torrado com lúpulo sem criar dissonância sensorial.

FONTE: WWW.MARCASYNEGOCIOSGT.COM



TRIPLE IPA

Perfil: Álcool elevado (>10% ABV), lupulagem extrema, corpo médio-alto.

Risco: excesso de dulçor ou “hop burn” se mal balanceada.



FONTE: WWW.GETOLLIE.COM/BLOG/TIPS-FOR-BREWING-TRIPLE-IPA

HOPPY LAGER

Perfil: Lager preparada com maltes simples e adição tardia de lúpulos, resultando em aromas intensamente frutados e tropicais.

Risco: Combina a leveza e a clareza de uma lager com a expressividade dos lúpulos modernos através do dry hopping.



ITALIAN PILS

Perfil: Pilsner com amargor elevado e aroma marcante, realçado por dry hopping com lúpulos nobres.

Destaque: Equilibra a tradicional pureza e o corpo seco da Pils com a intensidade aromática, conferindo complexidade e frescor.



TABELA COMPARATIVA DOS ESTILOS LUPULADOS

E	ABV (%)	IBU	SRM (cor)	Perfil Aromático Principal
German Pilsner	4,4-5,2	22-40	2-4	Floral, herbal, picante
English IPA	5-7,5	40-60	6-14	Terroso, herbáceo, frutado leve
APA	5-7,5	40-70	6-14	Citríco, floral
West Coast IPA	6,5-8	60-90	6-10	Resinoso, pinho, toranja
NEIPA	6-9	35-60	3-7	Frutas tropicais, cítrico
Brut IPA	6-7,5	20-30	2-4	Seco, aromático, champanhado
Cold IPA	6-8	50-70	5-8	Limpo, cítrico, amargo
Black IPA	5,5-9	50-90	25-40	Torrado sutil, cítrico, resinoso
Triple IPA	9-12	80+	6-12	Intenso, alcoólico, frutado

CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DAS CERVEJAS LUPULADAS

O grande diferencial das cervejas lupuladas está em sua complexidade sensorial, que se manifesta principalmente no aroma, sabor e amargor. A forma como o lúpulo é cultivado, processado e adicionado à cerveja influencia diretamente a experiência final. Os compostos voláteis presentes nos óleos essenciais do lúpulo são os principais responsáveis pelas percepções sensoriais, e sua interação com leveduras, maltes e técnicas de fermentação pode criar perfis surpreendentes.

4.1 Amargor: percepção e intensidade

O amargor da cerveja lupulada vem dos ácidos alfa presentes nas glândulas de lupulina do lúpulo. Durante a fervura, esses ácidos sofrem isomerização térmica, gerando iso-alfa-ácidos, responsáveis pela sensação de amargor.

- A percepção do amargor depende do tipo de lúpulo, tempo de fervura, pH e teor alcoólico.
- Estilos como West Coast IPA apresentam amargor intenso (60–90 IBU), enquanto NEIPAs têm amargor suave (35–60 IBU), mesmo com alta carga de lúpulo, graças à adição tardia e ao uso de aveia e trigo no corpo da cerveja (Sharp et al., 2017).

CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DAS CERVEJAS LUPULADAS

4.2 Aroma: compostos e perfil olfativo

O aroma das cervejas lupuladas é determinado pelos óleos essenciais do lúpulo, como:

- Mirceno: notas cítricas e resinosas.
- Linalol e geraniol: aromas florais e frutados.
- β -Caryophyllene: picante e herbal.
- Citronelol: notas de frutas tropicais.

As técnicas de adição, como dry hopping e whirlpool hopping, preservam e intensificam esses compostos no produto final. A combinação de variedade de lúpulo e técnica de lupulagem define o perfil aromático predominante (Vollmer & Shellhammer, 2016).

Estudos mostram que:

- A adição em whirlpool resulta em alta concentração de geraniol, linalol e β -citronelol (Sharp et al., 2017).
- A biotransformação desses compostos pelas leveduras intensifica aromas tropicais e florais (Kumar et al., 2023).

PERFIS SENSORIAIS DOMINANTES POR GRUPO DE LÚPULO

Os lúpulos podem ser agrupados com base nos perfis sensoriais que conferem à cerveja:

Grupo sensorial	Descritores comuns	Exemplos de lúpulo
Cítrico	Laranja, toranja, limão	Citra, Amarillo, Cascade
Resinoso / Pinácio	Pinho, resina, terroso	Chinook, Columbus, Simcoe
Herbal / Terroso	Gramma, chá, madeira	Fuggie, Saaz, East Kent Goldings
Floral	Lavanda, rosa, violeta	Hallertau, Tettnang, Willamette
Tropical / Frutado	Manga, maracujá, abacaxi	Mosaic, Galaxy, Nelson Sauvin

Esses grupos ajudam sommeliers e cervejeiros a identificar e combinar perfis desejados para cada estilo ou proposta sensorial.



INTERAÇÃO COM O MALTE

Embora o foco esteja no lúpulo, o equilíbrio com o malte é essencial. Cervejas como a Black IPA ou a English IPA equilibram o amargor com notas maltadas de caramelo ou tostado. Já em NEIPAs, o corpo sedoso de aveia/trigo complementa os aromas frutados do lúpulo, resultando em maior drinkability.

CONCLUSÃO

As características sensoriais das cervejas lupuladas são altamente moduláveis e complexas. A escolha da variedade de lúpulo, o momento da adição, a levedura usada e até a composição do malte contribuem para criar experiências únicas de IPAs secas e amargas a cervejas turvas e tropicais. A compreensão desses elementos permite ao produtor controlar e inovar dentro da categoria.



PRINCIPAIS LÚPULOS E SEUS PERFIS AROMÁTICOS

O universo do lúpulo é extremamente diversificado, permitindo a criação de uma ampla gama de perfis sensoriais. Nesta seção, apresentamos os lúpulos mais tradicionais, os americanos e os experimentais, destacando suas características químicas e os aromas que conferem à cerveja.

SAAZ

Origem: República Tcheca.

Perfil: Notas suaves, florais e herbais.

Aplicação: Muito utilizado em Pilsners e lagers, mantendo o caráter tradicional da cerveja.

Estudos apontam que, mesmo com inovações como as variantes Saaz Shine e Saaz Comfort, o perfil aromático preserva nuances que remetem ao lúpulo original, combinando resistência com desempenho sensorial (Olšovská et al., 2024).



HALLERTAU E TETTNANG

Origem: Alemanha.

Perfil: Caracterizados por um aroma “nobre”, com toques florais e herbais discretos.

Aplicação: São essenciais na produção de lagers clássicas e em cervejas de estilo europeu, onde a sutileza é desejada.

Estudos sensoriais demonstram que os compostos presentes nesses lúpulos, como o linalol e o mirceno, colaboram para um aroma refinado e equilibrado.

FUGGLE

Origem: Inglaterra.

Perfil: Acentua notas terrosas e levemente amadeiradas, com um toque sutil de especiarias.

Aplicação: Comum em English Pale Ales, onde o equilíbrio entre malte e lúpulo é fundamental para a drinkability.

A close-up, low-angle shot of the Statue of Liberty's head and crown, set against a large American flag. The statue is green and holds a torch in its right hand. The flag's stars and stripes are prominent in the background.

LÚPULOS AMERICANOS

CASCADE

Perfil: Notas cítricas (laranja e grapefruit) e florais.

Aplicação: Ícone das American Pale Ales (APA) e IPAs, onde sua intensidade aromática é valorizada.

Sua popularidade se deve à capacidade de entregar um perfil vibrante mesmo com doses moderadas, sendo frequentemente o pilar aromático em muitas receitas de cervejas lupuladas.

CITRA

Perfil: Aroma intensamente frutado, remetendo a frutas tropicais como manga, maracujá e maracujá, com nuances cítricas.

Aplicação: Amplamente utilizada em NEIPAs e outras cervejas que buscam um impacto aromático explosivo.

Estudos mostram que compostos como geraniol e citronelol são predominantes nesse lúpulo, contribuindo para a sensação frutada e fresca ([Kumar et al., 2023](#)).



SIMCOE

Perfil: Combinação de aromas terrosos, de pinho e frutas cítricas.

Aplicação: Muito usado em IPAs modernas, onde sua complexidade adiciona camadas ao perfil sensorial.

Sua versatilidade permite o uso tanto em adições durante a fervura quanto em técnicas de dry hopping, contribuindo para aromas que variam do resinoso ao frutado.

LÚPULOS EXPERIMENTAIS E INOVADORES

NELSON SAUVIN

Origem: Nova Zelândia.

Perfil: Singular, com notas que lembram uva branca e frutas tropicais, além de um leve caráter herbáceo.

Aplicação: Utilizado em estilos experimentais, onde a busca por diferenciação sensorial é prioridade.

Sua peculiaridade tem sido objeto de pesquisas que exploram a inovação nos perfis de cervejas lupuladas.



LÚPULOS GENETICAMENTE MODIFICADOS E DE MELHORAMENTO

Exemplo: Variedades como o “Furano Magical”.

Perfil: Desenvolvidos para amplificar aromas frutados e intensificar a presença de compostos sulfurados frutados.

Aplicação: Permitem experimentações em receitas que buscam perfis sensoriais únicos, combinando a tradição do lúpulo com tecnologias de melhoramento genético (Koie et al., 2022).





OUTROS LÚPULOS EXPERIMENTAIS

Mosaic

Origem: Estados Unidos.

Perfil: Aroma complexo e multifacetado que combina notas de frutas cítricas, tropicais e um toque de resina, além de nuances terrosas.

Aplicação: Frequentemente utilizado de forma experimental em combinações inovadoras para realçar a complexidade aromática em estilos modernos.

New Zealand – Motueka e Rikawa

Origem: Nova Zelândia.

Perfil: Apresenta características aromáticas intensas, com notas tropicais e florais marcantes.

Aplicação: Amplamente explorado em estilos que buscam uma identidade sensorial inovadora.

Nectaron

Origem: Desenvolvido em contextos experimentais, com origem variável, geralmente nos Estados Unidos.

Perfil: Combina intensos aromas frutados com delicadas nuances florais, contribuindo para a originalidade da cerveja.

Aplicação: Usado em experimentos que visam realçar a singularidade aromática.

New Zealand – Rikawa

Origem: Nova Zelândia.

Perfil: Similar a Motueka, com forte presença de frutas tropicais e toques florais, contribuindo com complexidade aos blends experimentais.

Aplicação: Utilizado em cervejas que buscam um perfil aromático distintivo e inovador.

HBC1019 (Peach)

Origem: Desenvolvido por programas experimentais, geralmente nos Estados Unidos.

Perfil: Notas marcantes de pêssego, proporcionando um caráter frutado e suculento único.

Aplicação: Ideal para receitas que buscam perfis sensoriais inéditos com forte influência frutada.

Lúpulos New-Mexicanos – Talus e Sabro

Origem: Estados Unidos, com influência da região do Novo México.

Perfil: Caracterizados por uma complexidade aromática que varia entre notas cítricas, tropicais e toques herbáceos.

Aplicação: Proporcionam uma experiência sensorial inovadora e distinta, sendo explorados em estilos que valorizam a originalidade e o equilíbrio entre os aromas.

ADVANCED PRODUCTS

Nesta subcategoria, destacam-se produtos de melhoramento avançado, desenvolvidos através de programas de pesquisa para oferecer perfis sensoriais inovadores e atender a demandas específicas do mercado cervejeiro.

INCOGNITO

Perfil: Combina aromas intensos de frutas tropicais com sutilezas herbais e uma base resinosa marcante.

Desafio: Ideal para cervejas que buscam um caráter ousado e disruptivo.



ADVANCED PRODUCTS

SPECTRUM

Perfil: Oferece uma ampla gama de aromas, que variam de notas cítricas a frutadas, com toques sutis de especiarias.

Desafio: Utilizado em receitas experimentais para explorar novos territórios aromáticos.

TETRA/HEXA

Perfil: Apresenta um equilíbrio entre características aromáticas intensas e um amargor bem estruturado, com nuances que podem variar do floral ao frutado.

Desafio: Indicado para cervejas com alta complexidade sensorial, onde o equilíbrio entre malte e lúpulo é fundamental.



ADVANCED PRODUCTS

IKE

Perfil: Caracteriza-se por um perfil robusto, com ênfase em notas tropicais e toques cítricos, aliado a uma textura marcante.

Desafio: Versátil para uso tanto em adições durante a fervura quanto em técnicas de dry hopping, contribuindo para uma expressividade sensorial elevada.



IMPORTÂNCIA DOS COMPOSTOS QUÍMICOS

Os óleos essenciais presentes em cada variedade são os principais responsáveis pelo aroma e sabor. Compostos como:

- Mirceno: Associado a notas cítricas e resinosas.
- Linalol e Geraniol: Contribuem com toques florais e frutados.
- β -Caryophyllene: Confere caráter picante e herbal.

Esses compostos interagem com as leveduras durante a fermentação, podendo sofrer transformações (biotransformação) que intensificam ou alteram o perfil aromático final da cerveja.

Lúpulo	Origem	Pincipais compostos Químicos	Perfil Sensorial
Saaz	República Tcheca	Linalol, mirceno, β -farneseno	Floral, herbal, suave – referência em lagers clássicas (Olšovská et al., 2024)
Hallertau/ Tettnang	Alemanhã	Linalol, mirceno, β -caryophyllene	Nobre, floral e sutil, com caráter herbáceo
Fuggle	Inglaterra	Terpenos diversos com notas amadeiradas	Terroso, levemente amadeirado e especiado
Cascade	EUA	Mirceno, linalol, geraniol	Cítrico, floral, vibrante e levemente picante
Citra	EUA	Geraniol, citronelol, linalol, mirceno	Intensamente frutado (tropical) e cítrico
Simcoe	EUA	Myrceno, limoneno, outros terpenos variados	Notas de pinho, resinoso, terroso e com leve toque cítrico
Nelson Sauvin	Nova Zelândia	Compostos aromáticos únicos que lembram uva	Uva branca, frutas tropicais e um leve toque herbáceo
Furano magical	Experimental	Elevado teor de 4-MSP e compostos sulfurados	Intensamente frutado, tropical com nuances sulfuradas (Kole et al., 2022)

CONCLUSÃO

A escolha do lúpulo é um dos pontos-chave para definir o caráter de uma cerveja. Desde os lúpulos clássicos, que mantêm a tradição e sutileza dos estilos europeus, passando pelos robustos e aromáticos lúpulos americanos, até os experimentais que desafiam os limites do sensorial, cada variedade contribui com elementos únicos que, quando bem combinados, resultam em experiências cervejeiras memoráveis.



RODA DE AROMAS + LÉXICO

A roda de aromas é uma ferramenta visual que organiza e relaciona os diversos compostos aromáticos presentes nos lúpulos e, conseqüentemente, nas cervejas lupuladas. Essa representação facilita a compreensão dos diferentes grupos sensoriais e auxilia cervejeiros, sommeliers e consumidores na identificação dos perfis desejados.

Estrutura da Roda de Aromas

A roda é dividida em seções que refletem os grupos sensoriais predominantes:

Cítrico: Engloba aromas de laranja, toranja, limão e outras frutas cítricas. Compostos como limoneno e citrônol são os responsáveis por essas notas.

Floral: Inclui aromas que lembram flores como lavanda, rosa e violeta, com predominância de compostos como linalol e geraniol.

Herbal e Terroso: Abrange descritores que remetem a grama, chá e madeira, provenientes de compostos como mirceno e β -caryophyllene.

Resinoso e Pináceo: Representa aromas de pinho, resina e notas terrosas, geralmente associados a variedades como Simcoe e Chinook.

Tropical e Frutado: Caracteriza aromas intensos de frutas tropicais (manga, maracujá, abacaxi) que são comuns em lúpulos como Citra e Mosaic.

RODA DE AROMAS + LÉXICO

Essas seções se interligam, permitindo que percepções complexas – muitas vezes, resultantes da combinação de diferentes compostos – sejam facilmente identificadas durante a degustação.

Exemplo de descritores:



Cítrico:

"toranja", "limão", "laranja"



Floral:

"lavanda", "rosa", "violeta"



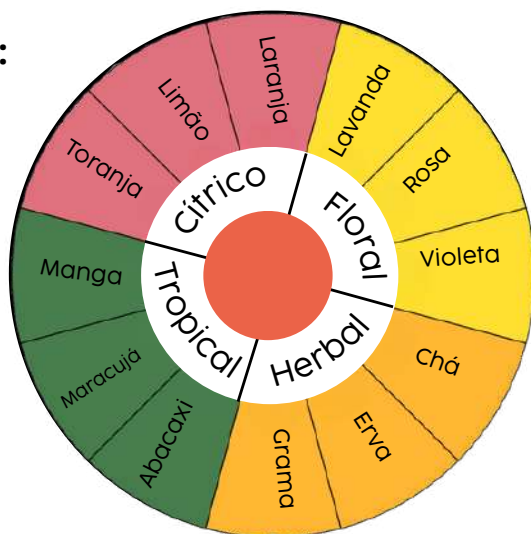
Herbal:

"chá", "erva", "grama"



Tropical:

"manga", "maracujá", "abacaxi"



RODA DE AROMAS + LÉXICO



RODA DE AROMAS + LÉXICO

APLICAÇÃO PRÁTICA DO LÉXICO SENSORIAL

Juntamente à roda de aromas, um léxico sensorial padronizado é desenvolvido para descrever os compostos aromáticos. Esse léxico funciona como um guia para:

Treinamento de paladares: Auxiliando degustadores a identificar e comunicar as nuances aromáticas.

Padronização de avaliações: Garantindo que diferentes profissionais utilizem os mesmos termos para descrever características sensoriais.

Desenvolvimento de receitas: Facilitando a escolha e combinação de lúpulos para atingir perfis específicos.

EXEMPLO DE DESCRITORES:

Cítrico: "toranja", "limão", "laranja"

Floral: "lavanda", "rosa", "violeta"

Herbal: "chá", "erva", "grama"

Tropical: "manga", "maracujá", "abacaxi"

Essa padronização permite que a comunicação entre produtores e consumidores seja mais precisa, e que inovações no processo de lupulagem sejam avaliadas de forma consistente (Inui et al., 2013).

FERRAMENTAS VISUAIS E GRÁFICAS

Além da roda, gráficos e diagramas complementares podem ilustrar a distribuição dos compostos aromáticos medidos em análises laboratoriais. Por exemplo:

Gráficos de Radar: Mostrando a intensidade relativa dos diferentes grupos sensoriais em uma cerveja.

Diagramas de Dispersão: Relacionando a concentração de determinados compostos com a percepção sensorial durante a degustação.

Tabelas Comparativas: Que correlacionam as principais variáveis sensoriais (ex.: IBU, concentração de óleos essenciais) com descritores do léxico.

Esses elementos gráficos facilitam o entendimento do impacto dos lúpulos na experiência final da cerveja, servindo também como referência para ajustes em receitas e processos.

BENEFÍCIOS PARA A INDÚSTRIA CERVEJEIRA

A utilização da roda de aromas e do léxico sensorial traz diversos benefícios:

Consistência: Padroniza a comunicação entre laboratórios sensoriais e equipes de produção.

Inovação: Permite identificar lacunas e oportunidades para a criação de novos perfis sensoriais.

Qualidade: Auxilia na manutenção da identidade sensorial de estilos tradicionais e no desenvolvimento de receitas inovadoras.



AROMAS DE BIOTRANSFORMAÇÃO

A biotransformação é um processo metabólico no qual enzimas produzidas por leveduras durante a fermentação interagem com compostos do lúpulo, modificando quimicamente esses compostos e gerando novos aromas na cerveja. Esse fenômeno é especialmente relevante em estilos lupulados como NEIPAs, onde o perfil sensorial fresco, frutado e tropical é altamente valorizado.

Durante a fermentação, as enzimas das leveduras – como β -glucosidase, esterase e lyase – atuam sobre precursores não voláteis presentes nos óleos do lúpulo, liberando compostos voláteis ou transformando moléculas simples em derivados aromáticos mais impactantes. Esse processo aumenta a complexidade sensorial da cerveja e contribui com notas que vão desde frutas tropicais até aromas cítricos e florais intensos.

Principais compostos e derivados envolvidos na biotransformação:

- Geraniol → Citronelol: notas florais e de rosa.
- Linalol → Terpenoides oxidados: aromas cítricos e doces.
- Monoterpenos (como o mirceno): metabolizados em compostos resinosos ou herbais.
- **Tioles** glicosilados (como 3MH e 4MMP): liberam aromas potentes de maracujá, toranja e groselha.

A escolha de leveduras com alta capacidade de biotransformação e o momento da adição dos lúpulos (ex: dry hopping durante a fermentação ativa) são fatores cruciais para maximizar esse efeito sensorial. A biotransformação representa uma ferramenta biotecnológica natural para explorar novos perfis aromáticos e fortalecer a identidade de estilos lupulados.

LÚPULOS BRASILEIROS – CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

LÚPULOS BRASILEIROS: CARACTERIZAÇÃO, POTENCIAL E APLICAÇÕES TECNOLÓGICA



O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é essencial na cervejaria por fornecer amargor, estabilidade e aroma. Tradicionalmente cultivado em regiões temperadas, seu cultivo no Brasil tem ganhado destaque devido à possibilidade de múltiplas colheitas e a um terroir singular.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS



Compararam Cascade/Chinook do Distrito Federal com pellets americanos.

- Teores semelhantes de ácidos alfa, polifenóis e óleos essenciais;
- Compostos voláteis únicos: isoamyl propanoato, 6-metil octanoato associados a notas de abacaxi.



Referências: GUIMARAES et al., 2024

IMPACTO SENSORIAL E TECNOLÓGICO

- Menor teor de polifenóis;
- Redução de oxigênio dissolvido;
- Perfil aromático mais frutado e herbal;
- Eficiência na extração de compostos voláteis



Referências: GUIMARAES et al., 2024; GOMES et al., 2022; GUMAES



PERSPECTIVAS ECONÔMICAS E TECNOLOGICAS

- Viabilidade agrônômica alta, até 3 safras por ano;
- Identidade sensorial própria favorece artesanais regionais;



CONCLUSÃO

O lúpulo brasileiro tem potencial sensorial e econômico.

O cultivo de lúpulo no Brasil tem avançado significativamente, demonstrando adaptabilidade agrônômica e potencial para atender à demanda da indústria cervejeira artesanal e industrial. Estudos recentes com cultivares Cascade e Chinook cultivados no Cerrado mostraram teores comparáveis de α -ácidos e compostos voláteis únicos, como isoamyl propanoato e 6-metil-heptanoato, que conferem notas sensoriais frutadas às cervejas dry-hopped produzidas com esses insumos (1).

Além das características químicas, a aplicação desses lúpulos brasileiros na técnica de dry hopping revelou ganho tecnológico relevante. As cervejas apresentaram maior complexidade aromática, incremento de polifenóis, maior estabilidade oxidativa e redução de oxigênio dissolvido, mesmo com uso de cones moidos, demonstrando a viabilidade sensorial e funcional do insumo nacional (1, 2).

Em paralelo, os aspectos legais e de propriedade intelectual também vêm sendo analisados. Estudos prospectivos indicam o crescimento no número de cultivares registradas e o potencial estratégico da proteção de variedades para o fortalecimento da cadeia produtiva nacional (3).

Por fim, a prospecção tecnológica revelou tendências de uso do lúpulo em segmentos além da cervejaria, como alimentação, farmacologia e cosméticos, ampliando o interesse por pesquisas e investimentos no setor (4).

Os dados apontam para um cenário promissor e competitivo, desde que acompanhado por políticas de fomento, estímulo à pesquisa e valorização do terroir brasileiro.

EQUIPE

EQUIPE TÉCNICA E CIENTÍFICA DO PROJETO:



link lattes: <http://lattes.cnpq.br/5377872833083796>

PESQUISADORA PRINCIPAL: AMANDA FELIPE REITENBACH

Amanda F. Reitenbach é doutora em Neuroengenharia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com parte da pesquisa realizada no Institut für Gärungsgewerbe und Biotechnologie zu Berlin (VLB Berlin), na Alemanha. Pós-doutora em projeto industrial pela UFSC/UnB, é especialista em percepção sensorial e neurogenética. Atua nas áreas de multissensorialidade, compostos voláteis e valorização dos biomas brasileiros em bebidas. É autora de artigos científicos, capítulos de livros e titular de patentes. Fundadora do Science of Beer institute, lidera projetos de inovação e P&D em parceria com instituições públicas e privadas, promovendo conexões entre ciência, empreendedorismo e impacto social.



COORDENADORA E SUPERVISORA UFSC : VIVIAN MARIA BURIN

Vivian Maria Burin é professora da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos (PPGCAL/UFSC). É farmacêutica-bioquímica com ênfase em Tecnologia de Alimentos (UFSC), mestre e doutora em Ciência dos Alimentos pela mesma instituição, com doutorado sanduiche no Institute de Sciences de la Vigne et du Vin (ISVV), em Bordeaux, França. Coordena o Grupo de Pesquisa CNPq em Química e Bioquímica de Alimentos, atuando em processos fermentativos e no aproveitamento de matérias-primas vegetais e subprodutos como ingredientes bioativos e funcionais.

EQUIPE

EQUIPE TÉCNICA E CIENTÍFICA DO PROJETO:

SUPERVISORA UNB: **GRACE FERREIRA GHESTI**



Possui graduação em Bacharelado em Química pela Universidade de Brasília (2004), mestrado em Química pela Universidade de Brasília (2006) e doutorado em Química pela mesma instituição (2009). Pós-doutorado no Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa, Portugal (2020). Possui mestrado profissionalizante em Certified Brewmaster Course Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin, VLB, Alemanha (2008). Possui curso de especialização em Beer Sommelier pela Science of Beer. É professora Associada II do Instituto de Química, campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. Co-líder do Laboratório de Materiais e Combustíveis da UnB (LMCERVA/UnB). Sua pesquisa e atuação profissional consiste no desenvolvimento de diversas tecnologias (de conversão de biomassa e de alimentos, com ênfase em cerveja e malte) para produção de bioenergia e cerveja/malte.

SUPERVISOR INDUSTRIAL: **CLÁUDIO LUÍS EBERT**



Cláudio Luís Ebert é engenheiro eletricista com graduação (1995), mestrado (1997) e doutorado (2008) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). É professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), com experiência nas áreas de eletrônica digital, painéis fotovoltaicos, bicicletas elétricas, energia solar e elementos magnéticos planares. Além da carreira acadêmica e técnica, é sócio da Cervejaria Kairos e sommelier de cervejas, unindo ciência, inovação e paixão pelo universo cervejeiro.



EQUIPE

ALUNOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA:



ANA CAROLINA MACHADO BROCH

Graduanda em Engenharia de Alimentos pela UFSC, formada em Nutrição, especializando-se em Biotecnologia, bolsista PIBIC com foco em análise sensorial de cervejas. Realizou intercâmbio acadêmico na AgroParisTech, em Paris, aprofundando-se em pesquisa e inovação em alimentos.

<http://lattes.cnpq.br/9266952724108456>



HAYMON HUMBERTO PETRYCOSKI

Graduando de Ciência e Tecnologia de Alimentos pela UFSC, em formação em Técnico em Cervejaria pela ESCM, sommelier de cervejas pelo Science of Beer, Cervejeiro caseiro.

<http://lattes.cnpq.br/0615821144250672>



LETÍCIA EIKO ICHIKAWA EZAWA

Graduanda de Ciência e Tecnologia de Alimento pela UFSC, foi bolsista de Iniciação Científica pelo laboratório de bioquímica da UFSC (BIOSENSE) e atualmente estagiária no laboratório da Cervejaria Kairós.

<https://lattes.cnpq.br/3589653574107366>



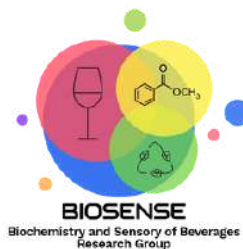
DESIGNER

NAIARA FELIPE ESTEVAM
CAIO ROSA

REVISÃO

MÁRCIO BUFALLO

AGRADECIMENTOS



FAPESC/ TERMO DE OUTORGA Nº: 2023TR000233



REFERENCIAS:

LÚPULOS BRASILEIROS – CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

Referências

1. Guimarães, B. P., Dutra, R. C., Carmo, T. S., Suarez, P. A. Z., & Ghesti, G. F. (2024). Characterization of Brazilian Cascade and Chinook hops and their dry-hopped beer. *Food Science and Technology*, 44, e00289. <https://doi.org/10.5327/fst.00289>
2. Gomes, F. O., Guimarães, B. P., Ceola, D., & Ghesti, G. F. (2022). Advances in dry hopping for industrial brewing: a review. *Food Science and Technology*, 42, e60620. <https://doi.org/10.1590/fst.60620>
3. Guimarães, B. P., Nascimento, P. G. B. D., & Ghesti, G. F. (2021). Intellectual property and plant variety protection: Prospective study on Hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. *World Patent Information*, 65, 102041. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2021.102041>
4. Guimarães, B. P., Evaristo, R. B. W., & Ghesti, G. F. (2021). Prospecção Tecnológica do Lúpulo (*Humulus lupulus* L.) e suas Aplicações com Ênfase no Mercado Cervejeiro Brasileiro. *Cadernos de Prospecção*, 14(3), 858-872. <https://doi.org/10.9771/cp.v14i3.33059>

REFERENCIAS:

KLIMCZAK, K.; CIOCH-SKONECZNY, M. Biotransformation of hops-derived compounds in beer – A review. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, v. 26, p. 1-18, 2022. DOI: 10.2478/auaft-2022-0001. Disponível em: <https://intapi.sciendo.com/pdf/10.2478/auaft-2022-0001> Acesso em: 23 mar. 2025.

SHARP, D.; QIAN, Y.; SHELLHAMMER, G.; SHELLHAMMER, T. Contributions of select hopping regimes to the terpenoid content and hop aroma profile of ale and lager beers. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 2017, v. 75, p. 93-100. DOI: 10.1094/ASBCJ-2017-2144-01. Disponível em: <https://consensus.app/papers/contributions-of-select-hopping-regimes-to-the-terpenoid-sharp-qian/6b1f1135db8d54dda5f5ce74d859d7a1/>.

KOIE, K.; TAKAZUMI, K.; HAMAGUCHI, T.; TAKOI, K.; ITOGA, Y.; UEMOTO, M.; GOTO, M.; OGUSHI, K.; SUDA, N. Development of a flavor hop (*Humulus lupulus* L.) variety, 'Furano Magical', with cones rich in 4-Methyl-4-Sulfonylpentan-2-One. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2022. DOI: 10.1002/jsfa.11828. Disponível em: <https://consensus.app/papers/development-of-a-flavor-hop-humulus-lupulus-l-variety-koie-takazumi/48f09f94b854570c9d002d5bb669d13b/>.

OLŠOVSKÁ, J.; STRAKOVÁ, L.; NESVADBA, V.; VRZAL, T.; PŘIKRYL, J. The comparison and brewing value of Saaz hop pedigree. *Beverages*, 2024. Disponível em: <https://consensus.app/papers/the-comparison-and-brewing-value-of-saaz-hop-pedigree-ol%C5%A1ovsk%C3%A1-strakov%C3%A1/9be6cb9083425a769a33591c31852f69/>.

LAFONTAINE, S. R.; SHELLHAMMER, T. Sensory-directed mixture study of beers dry-hopped with Cascade, Centennial, and Chinook. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 2018, v. 76, p. 199-208. DOI: 10.1080/03610470.2018.1487747. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03610470.2018.1487747>

MCCABE, A. K.; KEYES, J. K.; HEMETSBERGER, H.; KURR, C. V.; ALBRIGHT, B.; WARD, M. G.; MCKINLEY, M. L.; BREEZLEY, S. J.; COLE, C. Aroma profile development in beer fermented with Azacca, Idaho-7, and Sultana hops. *Molecules*, 2023, v. 28. DOI: 10.3390/molecules28155802. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/15/5802>.

REFERENCIAS:

KUMAR, A.; WARBURTON, A.; SILCOCK, P.; BREMER, P.; EYRES, G. Yeast strain influences the hop-derived sensory properties and volatile composition of beer. *Foods*, 2023, v. 12. DOI: 10.3390/foods12051064. Disponível em: <https://consensus.app/papers/yeast-strain-influences-the-hopderived-sensory-kumar-warburton/623728bb4067539ca7cacc0dc4d2c3e4/>.

VOLLMER, D.; SHELLHAMMER, T. Influence of hop oil content and composition on hop aroma intensity in dry-hopped beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 2016, v. 74, p. 242-249. DOI: 10.1094/ASBCJ-2016-4123-01. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1094/ASBCJ-2016-4123-01>.

INUI, T.; TSUCHIYA, F.; ISHIMARU, M.; OKA, K.; KOMURA, H. Different beers with different hops. Relevant compounds for their aroma characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, v. 61, n. 20, p. 4758-4764. DOI: 10.1021/jf3053737. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf3053737>.

BJCP. BJCP Style Guidelines. Disponível em: <https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/>.

BREWER-WORLD. Difference between IPA, Double IPA and Triple IPA. Disponível em: <https://www.brewer-world.com/difference-between-ipa-double-ipa-and-triple-ipa/>.

JANISH, S. The New IPA: Scientific Guide to Hop Aroma and Flavor. *Brewers Publications*, 2019. Disponível em: <https://consensus.app/papers/dry-hop-best-practices-using-science-as-a-guide-for-process-janish/eea72309cd8f53219082cfe33924516f/>.

BREWER-WORLD. Difference between IPA, Double IPA and Triple IPA. Disponível em: <https://www.brewer-world.com/difference-between-ipa-double-ipa-and-triple-ipa/>.



COMO CITAR ESTE TRABALHO?

Para fins acadêmicos, científicos ou técnicos, recomendamos que este e-book seja citado conforme as normas de sua instituição ou publicação. Abaixo, disponibilizamos diferentes formatos de citação:

- ABNT (NBR 6023:2018):

REITENBACH, A. F.; BROCH, A. C. M.; GHESTI, G. F.; EBERT, C. L.; PETRYCOSKI, H. H.; EZAWA, L. E. I.; BURIN, V. M. Cervejas Lupuladas: História, Ciência e Tendências. Florianópolis: [Editora], 2024. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/5551343>. Acesso em: [colocar a data de acesso].

- APA (7ª edição):

Reitenbach, A. F., Broch, A. C. M., Ghesti, G. F., Ebert, C. L., Petrycoski, H. H., Ezawa, L. E. I., & Burin, V. M. (2024). Cervejas lupuladas: História, ciência e tendências (E-book). <https://doi.org/10.29327/5551343>

- Chicago (Autor-Data):

Reitenbach, Amanda Felipe, Ana Carolina Machado Broch, Grace Ferreira Ghesti, Cláudio Luís Ebert, Haymon Humberto Petrycoski, Leticia Eiko Ichikawa Ezawa, and Vívian Maria Burin. 2024. Cervejas Lupuladas: História, Ciência e Tendências. E-book. <https://doi.org/10.29327/5551343>

- Vancouver:

Reitenbach AF, Broch ACM, Ghesti GF, Ebert CL, Petrycoski HH, Ezawa LEI, Burin VM. Cervejas Lupuladas: História, Ciência e Tendências [e-book]. Florianópolis: [Even3]; 2024. Available from: <https://doi.org/10.29327/5551343>



BR SENSORY



lexicon